

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. F. P. Gall

AORTO – KORONARE BYPASSOPERATION UND FLUSSMESSUNG

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Heinrich Küffner
aus Staffelstein

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen - Nürnberg

Direktor: Professor Dr. med. F. P. Gall

AORTO – KORONARE BYPASSOPERATION UND FLUSSMESSUNG

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Heinrich Küffner
aus Staffelstein

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. W. Kersten
Referent: Priv.-Doz. Dr. R. Hacker
Korreferent: Prof. Dr. F.P. Gall

Tag der mündlichen Prüfung: 12.07.1979

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. OPERATIONSBESCHREIBUNG	4
III. METHODIK	6
III.1. Befunderhebung	6
III.2. Flußmessung	7
III.3. Statistische Methoden	10
IV. KRANKENGUT	11
V. ERGEBNISSE	16
V.1. Verschlußquote und Bypassfluß	16
V.2. Progression der Stenose des Herz- kranzgefäßes nach Anlage eines Bypass	17
V.3. Befinden der Patienten mit Verschluß der operierten Koronarie	19
V.4. Postoperative Infarkte	20
V.5. Vergleich der prä- und postoperativen Beschwerden	20
V.6. Beurteilung des Operationserfolges nach verschiedenen Maßstäben	25
V.7. Überlebenskurve der Patienten	28
V.8. Blutflußschwankungen und Bypassstrome	28
VI. DISKUSSION	30
VII. ZUSAMMENFASSUNG	34
VIII. LITERATURVERZEICHNIS	35

I. EINLEITUNG

In der langen Geschichte der Chirurgie stellt die Herzchirurgie einen sehr jungen Zweig dar. Eingriffe am Herzen galten lange Zeit als Tabu. Neben den technischen Schwierigkeiten, die sich bei jeder Herzoperation ergeben, ist es wohl auch die fast mystische Einstellung der Chirurgen zu diesem so unmittelbar mit dem Leben und Wohlbefinden eines jeden Menschen verbundenen Organs gewesen, die einen operativen Eingriff aus beinahe ehrfurchtsvoller Scheu verbot. Selbst in der heutigen Zeit meint das Wort "Herz" durchaus nicht nur einen anatomischen Begriff, wie etwa "Magen" oder "Muskel", sondern es hat darüber hinaus noch eine gefühlsmäßige Bedeutung.

So werden die Sätze BILLROTHS verständlich, für den die Öffnung eines Herzbeutels zur Behebung einer Herzbeutel-tamponade (1882) "schon sehr nahe an das heranreicht, was einige Chirurgen die Prostitution der chirurgischen Kunst, andere eine chirurgische Frivolität nennen." Und weiter: "Ein Chirurg, der die Naht einer Herzwunde versuchen wollte, sollte den Respekt seiner Kollegen sicher verlieren." (9)

Die erste Herznaht legte 1896 L. REHN, der dadurch eine Stichverletzung der rechten Herzkammer erfolgreich behandelte und so den Weg freigab für eine stürmische Weiterentwicklung der Herzchirurgie.

Das neueste Teilgebiet der Herzchirurgie stellt die Behandlung der koronaren Herzkrankheit dar. Obwohl schon seit ca. 60 Jahren Anstrengungen in dieser Richtung unternommen werden, können erst seit einigen Jahren befriedigende Ergebnisse erreicht werden.

Erste Versuche machte JONNESCO 1916, der durch die Entfernung des Ganglion stellatum sowohl eine Besserung der Angina als auch eine erhöhte Durchblutung des Myokards infolge einer Vasodilatation erreichen wollte.

BLUMGART entfernte 1933 die Schilddrüse, wodurch er über eine Verminderung des Stoffwechsels eine Besserung der Koronarinsuffizienz herbeizuführen hoffte.

Die Ausbildung von Kollateralkreisläufen war das Ziel der mechanischen Reizung des Perikards (z.B. durch implantierte Fremdkörper), mit der BECK Versuche anstellte.

Forschungen von GRANT und WEARN brachten neue Erkenntnisse über den Gefäßaufbau des Myokards. Neben dem System von Koronararterie, Kapillare und Koronarvene bestehen direkte Verbindungen zwischen Koronararterie bzw. Koronarvene und den Herzkammern. Außerdem vereinigen sich Kapillaren oft zu intramyokardialen Sinusoiden, die schließlich in die Herzkammern münden.

VINEBERG kam auf die Idee, diese intensive Gefäßversorgung auszunutzen. 1946 implantierte er zum ersten Mal eine Arteria mammaria interna im Myokard. Die Minderdurchblutung des Myokards sollte durch diese zusätzliche Blutzufuhr behoben werden. Erst 1962 jedoch konnte durch eine selektive Angiographie nachgewiesen werden, daß sich tatsächlich Verbindungen zwischen der implantierten Arterie und dem Koronarkreislauf ausgebildet hatten.

Die Versuche einer direkten Revaskularisation begannen mit der ersten Endarteriektomie durch BAILEY 1957. Dabei wird durch Längsinzision der erkrankte Teil der Arterie eröffnet und die verdickte Intima herausgelöst. Meistens wird dann ein Flicker eingesetzt, um das Gefäßlumen zu vergrößern.

SAUVAGE ging einen Schritt weiter und ersetzte das betroffene Stück der Arterie durch ein autologes Venentransplantat.

Bei der Bypassoperation schließlich, die 1967 von FAVALORO zum ersten Mal durchgeführt wurde, wird eine Vene an der Aorta und an der Koronarie distal der Verengung anastomosiert und so die Stenose überbrückt. (4)

Dieses Vorgehen erwies sich im Laufe der Zeit als die wirksamste Methode, Patienten mit koronarer Herzkrankheit auf

operativem Weg zu helfen und wurde in den vergangenen Jahren immer häufiger einer rein internistischen Behandlungsweise vorgezogen. Da das bestehende Hindernis völlig umgangen wird, kann durch eine solche Bypassoperation im optimalen Fall (der Bypass bleibt offen, der Blutfluß ist groß genug, keine weiteren distalen Stenosen sind vorhanden) eine vollständige Revaskularisation und dadurch eine wieder normale Durchblutung des vorher minderdurchbluteten Myokards erreicht werden.

II. OPERATIONSBESCHREIBUNG

Eine Bypassoperation läuft folgendermaßen ab: Von zwei Operateuren wird der Brustkorb durch mediane Sternotomie eröffnet und gleichzeitig die Vena saphena magna am Unterschenkel entnommen. Als nächstes erfolgt der Anschluß des Patientenkreislaufs an die Herz-Lungen-Maschine. Aus dem rechten Vorhof wird das Blut abgeleitet, in der Herz-Lungen-Maschine oxygenisiert und über die Aorta dem Kreislauf wieder zugeführt. Während dieser extrakorporalen Zirkulation werden, nach quere Abklemmen der Aorta, zunächst alle distalen, d.h. veno-koronaren Anastomosen im ischämischen Herzstillstand mit fortlaufender Nahttechnik angelegt. Wird dabei ein Zeitraum von 25 Minuten nicht wesentlich überschritten, was bei nur einem Venentransplantat immer der Fall ist, kann auch die proximale, d.h. die aorto-venöse Anastomose im ischämischen Herzstillstand eingenäht werden. Bei mehreren distalen Anastomosen und demzufolge längerer Ischämiedauer, werden die proximalen Anastomosen nach Öffnen der Aortenklappe und Wiederbeginn der koronaren Durchblutung am schlagenden Herzen unter partieller extrakorporaler Zirkulation angelegt, wobei die zur Anastomosierung benötigte Aortenwand partiell ausgeklemmt wird.

Nach Komplettierung aller Anastomosen wird die extrakorporale Zirkulation beendet. Die Schläuche aus Vorhof und Aorta werden entfernt und die Öffnungen sorgfältig vernäht. Zum Schluß erfolgt die Messung des Blutflusses durch den Bypass mit Hilfe eines elektromagnetischen Flußmessers der Firma STATHAM. Dann erfolgt der Verschuß der Sternotomiewunde.

Über Ergebnisse und Erfolg dieser operativen Behandlungsmethode haben schon zahlreiche Autoren berichtet (1-3, 5-8, 10-16).

Im folgenden wird über einen Teil der Patienten berichtet, die sich zwischen Sommer 1971 und Sommer 1975 in der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen (Direktor: Prof. Dr. G. HEGEMANN) einer Bypassoperation unterzogen haben.

Der nächste Abschnitt zeigt, welche Informationen über die Patienten zur Verfügung standen, auf welchem Weg neue Informationen erlangt und wie diese verarbeitet worden sind.

III. M E T H O D I K

III.1. Befunderhebung

Die selektive angiographische Darstellung der Koronarien wurde bei allen 63 Patienten dieser Untersuchung in der Medizinischen Poliklinik Erlangen (Direktor: Prof. Dr. K. BACHMANN) durchgeführt.

Bis auf drei Ausnahmen wurden die Patienten innerhalb von drei Monaten nach der Angiographie operiert, wobei für jedes Transplantat intraoperativ der Blutfluß gemessen wurde. Als Operationsindikation galten Stenosierungen mit einer Lumeneinengung von mehr als 70 - 75 % bei ausreichendem distalen Blutfluß und guter, allenfalls mittelgradig eingeschränkter Ventrikelfunktion.

Bei 45 Patienten wurde während der ersten vier postoperativen Wochen eine Kontrollangiographie angefertigt, die restlichen 18 Patienten wurden innerhalb eines Zeitraumes von 10 Monaten nachangiographiert. Zusätzlich zu diesem angiographischen Befund wurden im Juli 1975 59 Patienten nach ihrem momentanen Befinden befragt. Dazu wurden sie angerufen und nach ihren Angaben ein Fragebogen ausgefüllt, so daß von jedem Patienten vergleichbare Informationen zur Verfügung standen. Es ging vor allem darum festzustellen, ob die Patienten einen (weiteren) Herzinfarkt erlitten hatten, ob sie noch von Angina pectoris oder Atemnot geplagt werden und wie sie selber ihren Gesundheitszustand im Vergleich zur Zeit vor der Operation beurteilen. Dadurch wurde es möglich, die objektiven Befunde der Nachangiographie mit dem subjektiven Befinden der Patienten zu vergleichen.

III.2. Flußmessung

Einen wichtigen Parameter für die spätere Funktionsfähigkeit eines Transplantates stellt die Höhe des Blutflusses durch den Bypass dar. Diese kann intraoperativ mit Hilfe einer elektromagnetischen Flußmessung bestimmt werden. Dabei wird auf einer in ml/min geeichten Skala der absolute Fluß angezeigt und außerdem werden die zeitlichen Schwankungen des Blutflusses als sogenannte Flußkurve auf Millimeterpapier registriert. Synchron dazu werden das EKG und die Radialispulskurve geschrieben.

Für die späteren Untersuchungen war es nötig, die Blutmengen zu kennen, die während der Systole und während der Diastole durch den Bypass fließen. Dazu mußten für das jeweilige Intervall die Flächen unter der Flußkurve bestimmt werden. Dabei ergaben sich zwei Probleme: a) was ist als Nulllinie der Flußkurve anzusehen, und b) wie ordnet man den Herzzyklus dem Verlauf der Flußkurve zu?

Nimmt man an, durch den Bypass fließt kurzzeitig kein Blut, so muß während dieser Zeit die Kurve auf Null sinken. Diese Linie kann bei den neueren Geräten elektronisch simuliert werden, ohne daß dazu der Bypass abgeklemmt werden müßte und wurde als Grundlinie für die Flächenbestimmung benutzt (G in Abb. 2).

Die Festlegung, welche Abschnitte der Flußkurve Diastole, Systole und Anspannungszeit zuzuordnen sind, erfolgte auf Umwegen. Dazu die Abbildungen 1 und 2.

Die mechanische Systole dauert von der Öffnung der Aortenklappe bis zu deren Schluß. Diesen Ereignissen entsprechen in der Radialispulskurve der Beginn des Steilanstiegs und die Inzisur. Diese beiden Stellen wurden markiert. Die Dauer der Systole wird also durch die dazwischenliegende Strecke repräsentiert (a). Diese darf jedoch nicht direkt auf die Flußkurve übertragen werden, weil ja zwischen dem EKG und

Abb. 1

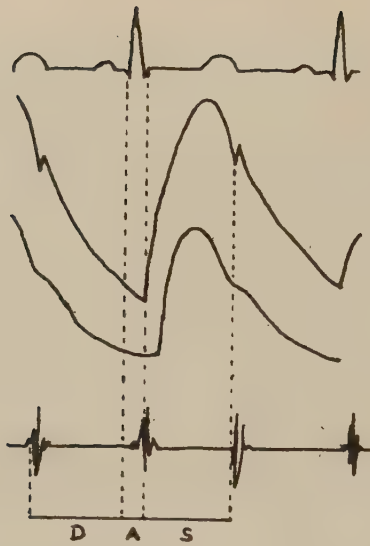


Abb. 2

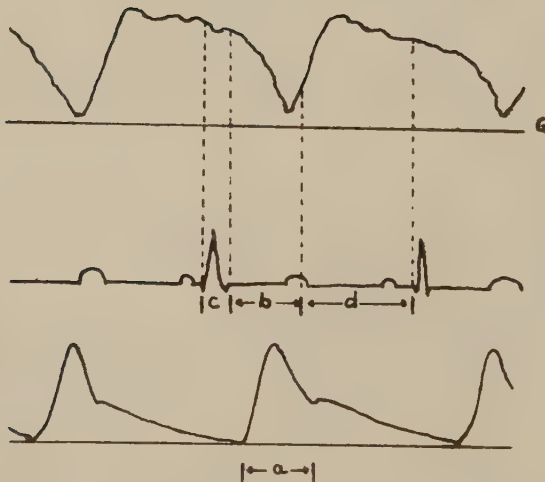


Abb.1. Zeitliche Synopsis von EKG, Karotispulskurve, Femoralpulskurve und Phonokardiogramm (von oben nach unten, nach BLUMBERGER/HOLLDACK)

Abb.2. Intraoperativ geschriebene Flußkurve (oben), mit EKG (Mitte) und Radialispulskurve (unten).

der Flußkurve einerseits und der Radialispulskurve andererseits eine zeitliche Phasenverschiebung besteht. Um diese auszugleichen, wurde die Systolenstrecke zunächst auf das EKG übertragen (b), und zwar beginnend mit dem Ende des entsprechenden QRS-Komplexes, welches als Merkmal für den Beginn der mechanischen Systole diente.

In einer weiteren Bestimmung wurde zusätzlich die Dauer der elektrischen Systole (= mechanische Systole, b + Anspannungszeit, c) gemessen.

Die Dauer der Diastole wird vom Ende der vorangegangenen Systole und dem Beginn des nächsten QRS-Komplexes begrenzt (d). Alle diese Markierungen wurden auf die Flußkurve übertragen und so konnte jeder Teil des Herzzyklus als Fläche unter der Kurve dargestellt werden. Die Größe dieser Flächen wurde bestimmt, indem die entsprechenden Kästchen der Millimeterpapiereinteilung gezählt wurden. Für jeden Patienten wurden drei Herzzyklen auf diese Weise ausgewertet und für Diastole, Systole und Anspannungszeit je ein Mittelwert berechnet. Als nächstes wurde der Quotient aus den Mittelwerten der Diastolen- und Systolenflächen bestimmt, was bei Zugrundelegung der mechanischen Systole einen Quotienten $\frac{D}{S}$ und bei Berücksichtigung der elektrischen Systole einen Quotienten $\frac{D}{S+A}$ ergab.

Dazu ein Beispiel:

Diastolenflächen:	68,5 mm ² 65,0 mm ² 73,5 mm ²	Mittelwert: 69,0 mm ²
mechan. Systolenflächen:	72,5 mm ² 70,5 mm ² 66,5 mm ²	Mittelwert: 69,8 mm ²
QRS-Flächen: (= Anspannungszeit)	33,0 mm ² 39,5 mm ² 43,0 mm ²	Mittelwert: 38,5 mm ²

$$\frac{D}{S} = \frac{69,0}{69,8} = 0,99$$

$$\frac{D}{S+A} = \frac{69,0}{69,8+38,5} = 0,64$$

Jeder dieser Quotienten gibt also an, ob durch den Bypass mehr Blut während der Diastole (Quotient größer 1) oder während der Systole fließt (Quotient kleiner 1).

III.3. Statistische Methoden

Der Einsatz statistischer Methoden bestand vor allem in der Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung für die einzelnen Patientengruppen und die untersuchten Parameter. Die Streuung der entsprechenden Einzelwerte in den verschiedenen Kollektiven gehorchte in jedem Fall der Normalverteilung. Die Prüfung der Signifikanz der mittleren $\frac{D}{S}$ -Quotienten erfolgte mit dem t-Test nach STUDENT. Unterschiedliche Häufigkeiten wurden mit dem Vierfeldertest auf Signifikanz überprüft.

IV. K R A N K E N G U T

Insgesamt standen für die Untersuchung 63 Patienten zur Verfügung; 59 davon wurden hinsichtlich der Auswirkungen der Bypassoperation auf ihr späteres Befinden (Gruppe A) und 32 Patienten hinsichtlich der Eigenschaften ihrer Bypassflußkurven (Gruppe B) untersucht. Demnach sind 28 Patienten der Gruppe B auch in der Gruppe A enthalten.

Die Gruppe A setzte sich aus 57 Männern und 2 Frauen zusammen. Das mittlere Alter dieser Patienten betrug zum Zeitpunkt der Operation 48,3 Jahre ($s=8,2$). Sie konnten durchschnittlich 25,1 Monate lang ($s=13,2$) nachbeobachtet werden, vom Operationstermin bis Mitte Juli 1975 gerechnet. Die wichtigsten präoperativen Befunde dieser Gruppe gehen aus der folgenden Tabelle hervor.

Angina pectoris	50 Patienten = 85 %
Dyspnoe	33 Patienten = 56 %
Zustand nach Herzinfarkt	43 Patienten = 73 %
Enddiastolischer Druck im linken Ventrikel über 12 mm Hg	42 Patienten = 71 %
Klinischer Beschwerdegrad nach NYHA:	
I	7 Patienten = 12 %
II	7 Patienten = 12 %
III	17 Patienten = 29 %
IV	27 Patienten = 47 %

Tabelle 1: Präoperativer Status der Patienten der Gruppe A

Bei der präoperativ durchgeführten selektiven Koronarangiographie zeigte sich, daß bei 17 Patienten eine und bei 3 Patienten zwei Koronarien komplett thrombosiert waren. Weiterhin fanden sich Stenosen, die das Gefäßlumen um mehr als 50 % einengten bzw. Verschlüsse

in einer Koronarie	bei 15 Patienten = 25 %
in zwei Koronarien	bei 18 Patienten = 31 %
in drei Koronarien	bei 21 Patienten = 36 %
im linken Hauptstamm	bei 5 Patienten = 8 %

Auf Grund dieser Befunde wurden bei den 59 Patienten insgesamt 76 Venen transplantiert, davon 35 zum Ramus descendens der linken Koronarie (D), 32 zur rechten Koronarie (R) und 9 zum Ramus circumflexus der linken Herzkranzarterie (C). Bei 17 Patienten war eine doppelte Bypassoperation nötig, wobei die Transplantate in 10 Fällen zu R und D, in 6 Fällen zu D und C und in einem Fall zu R und C führten.

Das postoperativ durchgeführte Angiogramm stellte das entscheidende Kriterium für die Auswahl der Patienten für diese Untersuchung dar. Ein Vergleich aller Er-langer Bypassvenen mit den postoperativ nachangiographierten der Gruppe A zeigte, daß diese Auslese als repräsentativ für die Gesamtheit der Transplantate angesehen werden kann, denn ein t-Test nach STUDENT ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen diesen beiden Kollektiven hinsichtlich des mittleren Bypassflusses zu den verschiedenen Koronarien. Die Histogramme der Abbildung 3 und die Tabelle 2 geben diesen Sachverhalt anschaulich wieder.

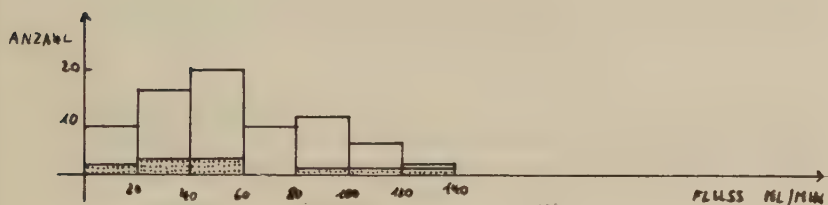
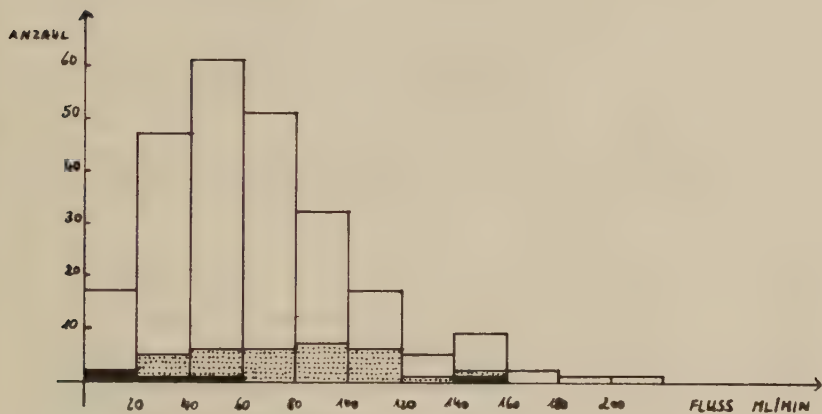
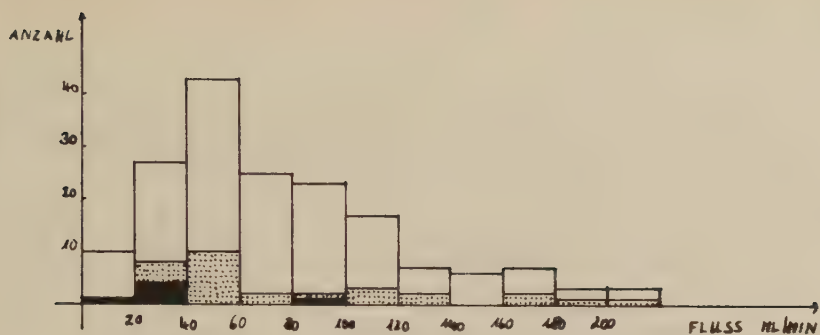


Abb. 3. Verteilungen der registrierten Blutflußmengen bei allen Erlanger Venentransplantaten und den nach-angiographierten der Gruppe A . : Anzahl der thrombosierte Venen der Gruppe A.

		alle Transplantate	nachangiographierte der Gruppe A
R:	n:	171	32
	$\bar{x}$:	79,8 ml/min	81,4 ml/min
	s:	49,3 ml/min	63,1 ml/min
D:	n:	243	35
	$\bar{x}$:	67,8 ml/min	77,0 ml/min
	s:	36,8 ml/min	36,2 ml/min
C:	n:	73	9
	$\bar{x}$:	57,9 ml/min	65,0 ml/min
	s:	33,2 ml/min	42,8 ml/min

Tabelle 2: Durchschnittliche Flußwerte bei allen Bypass-transplantaten und bei den nachangiographierten der Gruppe A

Leicht ist zu sehen, daß die Flußwerte der nachangiographierten Transplantate in etwa gleich verteilt sind wie die des Gesamtkollektivs (Abbildung 3) und daß sich die entsprechenden Mittelwerte nur geringfügig voneinander unterscheiden (Tabelle 2). Die Verteilung der Transplantate der Gruppe A auf die drei Koronararterien ist ebenfalls vergleichbar mit den entsprechenden Anzahlen des Gesamtkollektivs.

Die Gruppe B enthielt 31 Männer und eine Frau. Das Durchschnittsalter betrug 48,0 Jahre ($s=9,0$), die mittlere Beobachtungsdauer 24,2 Monate ($s=13,8$). Hinsichtlich dieser Werte besteht also kaum ein Unterschied zur Gruppe A.

Für diese 32 Patienten wurden die $\frac{D}{S}$ bzw. $\frac{D}{S+A}$ -Quotienten bestimmt, wie es im Abschnitt Flußmessung erläutert wurde. Damit sollte eine Beobachtung von FOLTS (5) überprüft werden, der einen Zusammenhang zwischen dem $\frac{D}{S}$ -Quotienten und der späteren Funktionsfähigkeit eines Transplantats gefunden hatte. Bei gesunden Koronarien beträgt dieser Quotient

ungefähr 2,5 bis 3,0. FOLTS errechnete nun für 39 Transplantate, die bei der postoperativen Angiographie noch offen waren, einen durchschnittlichen Quotienten von 2,2, was also fast den physiologischen Verhältnissen gleichkommt. Bei 12 später verschlossenen Venen ergab sich ein durchschnittlicher Quotient von nur 1,1, obwohl der mittlere Bypassfluß dieser Gruppe sich kaum von dem der ersten unterschied. Das weist darauf hin, daß auch das Flußmuster des Transplantats Hinweise auf die spätere Funktionsfähigkeit geben kann.

V. E R G E B N I S S E

Zuerst sei über die Gruppe A berichtet, von der sowohl subjektive (Angaben der Patienten über ihr Befinden) als auch objektive Informationen (Nachangiographie) verwendet werden konnten.

V.1. Verschlußquote und Bypassfluß

Bei der Kontrollangiographie zeigten sich von den 76 Venentransplantaten 11 verschlossen (14,5 %). Wesentlichen Einfluß auf die Funktionsfähigkeit hat die Größe des Blutflusses. Mit einem Mittelwert von 83,3 ml/min ($s=48,8$) bei den offenen und 42,7 ml/min ($s=40,6$) bei den thrombosierten Venen ließ sich mit $p<0,01$ ein signifikanter Unterschied feststellen.

Betrug der Blutfluß weniger als 45 ml/min, so lag die Verschlußrate bei 42,1 % (8 von 19 Transplantaten). Bei einem Fluß von 45 ml/min oder mehr waren nur 5,3 % der Venen (3 von 57) thrombosierte. Diese Werte sind signifikant unterschiedlich ($p<0,001$) und zeigen damit, daß bei Transplantaten mit geringem intraoperativem Blutfluß die Gefahr der frühen Bypasssthembose wesentlich größer ist als bei Transplantaten mit hohem Fluß.

		Bypassfluß		
		< 45 ml/min	≥ 45 ml/min	
Bypass	offen	(11)	(54)	65
	thrombosierte	(8)	(3)	11
		(19)	(57)	76

Abbildung 4: Vergleich der Thrombosehäufigkeit im Bezug zum Bypassfluß.

Ein größerer Blutfluß hat, gleichen Gefäßdurchmesser vorausgesetzt, auch eine höhere Flußgeschwindigkeit zur Folge. Dadurch wird die Entstehung eines Abscheidungsthrombus erschwert. Erhärtet wird dieser Zusammenhang durch die Beobachtung, daß 9 der 11 thrombosierten Transplantate einen Fluß von nur 45 ml/min oder weniger aufwiesen, ein Wert, der von GRONDIN (6) als untere Grenze für die längere Funktionsfähigkeit eines Transplantats angesehen wird. Andererseits wurden aber auch Venen beobachtet, die sich trotz sehr geringer Durchflußmengen nicht verschlossen hatten. Bei 7 der erwähnten 11 thrombosierten Venen konnte der geringe Fluß von nicht mehr als 45 ml/min an Hand des präoperativen Angiogramms erklärt werden. In diesen Fällen wiesen die entsprechenden Herzkranzgefäße weitere distale Stenosen und/oder ein kleines Versorgungsgebiet auf. Für die verbleibenden 4 Fälle waren nach dem präoperativen Angiogramm ideale Verhältnisse für einen Bypass gegeben. Bei zwei Transplantaten mit hohen Flüssen (90 und 145 ml/min) ist der Bypassverschluß wahrscheinlich als Folge eines Abknickens der Vene beim Verschließen des Thorax anzusehen.

Die beiden anderen thrombosierten Transplantate mit Flüssen von 5 und 30 ml/min müssen wohl auch technischen Fehlern, am ehesten beim Anlegen der distalen Anastomose zugeschrieben werden, zumal ein großes Versorgungsgebiet ohne zusätzliche distale Stenosen einen hohen Fluß hätte erwarten lassen.

V.2. Progression der Stenose des Herzkranzgefäßes nach Anlage eines Bypass

Interessant ist, wie sich die Stenosen in den operierten Koronarien weiterentwickeln. Das postoperative Angiogramm zeigte einen Verschluß der Arterie in 46 % der Fälle, in denen der Bypass offengeblieben war. War der Bypass je-

doch thrombosiert, so hatte sich nur in 18 % der Fälle auch die Arterie verschlossen. Da der Bypass dem Blutfluß einen wesentlich geringeren Widerstand entgegengesetzt als die stenosierte Arterie, wird nach der Operation der durch die Stenose schon verminderte Blutfluß durch die Koronarie noch mehr abnehmen. Außerdem führt eine retrograde Füllung des distalen Arterienabschnittes zu einer Stase und zu Wirbelbildungen im Bereich der Stenose. Dadurch wird das Thromboserisiko natürlich beträchtlich erhöht. Zudem weisen fast alle offenen Transplantate einen hohen Fluß auf, was die Durchblutung der Arterie noch mehr vermindert. Das führte zu folgender Überlegung: Teilt man die offengebliebenen Transplantate in zwei Gruppen mit einem Fluß von weniger als 45 ml/min bzw. mehr als 45 ml/min ein, so zeigt sich folgendes: In der Gruppe mit geringem Fluß thrombosierte in 4 von 11 Fällen (36 %) die Arterie, während das in der Gruppe mit hohem Fluß bei 26 von 49 Venen (53 %) der Fall war.

Einen Überblick gibt die Abbildung 5.

		Bypassfluß		
		< 45 ml/min	> 45 ml/min	
Koronarie	offen	7 (64 %)	23 (47 %)	30
	thrombosiert	4 (36 %)	26 (53 %)	30
		11 (100 %)	49 (100 %)	60

Abbildung 5: Übersicht über die unterschiedliche postoperative Progression der Stenose in der operierten Koronarie bei geringem bzw. hohem Bypassfluß.

Nicht berücksichtigt sind in Abbildung 5 fünf offene Venentransplantate, bei denen die überbrückte Arterie schon vor der Operation thrombosiert gewesen war, sowie die 11 verschlossenen Bypassvenen. Zwar sind die Werte der Abbildung 5 statistisch nicht signifikant unterschiedlich, sie können aber vielleicht die Tendenz anzeigen, daß mit wachsendem Bypassfluß die Wahrscheinlichkeit für einen Verschuß der Koronararterie zunimmt.

V.3. Befinden der Patienten mit Verschuß der operierten Koronarie

Wie wirkt sich nun der Verschuß der operierten Koronarie auf das Befinden der Patienten aus? Betrug der Fluß durch den Bypass 40 ml/min oder weniger (das war bei 9 Patienten mit 11 Transplantaten der Fall), so hatte die Thrombose der Arterie (bei 4 Patienten) eine deutliche nachteilige Wirkung: Drei von ihnen mußten in die NYHA-Gruppen III und IV eingeordnet werden, ein weiterer hatte einen Infarkt ungefähr 1 1/2 Jahre nach der Operation.

Im Gegensatz dazu waren die Patienten mit geringem Fluß, aber noch offener Arterie, subjektiv wesentlich gebessert und konnten bis auf einen (Gruppe II) in die NYHA-Kategorie I eingeordnet werden. Bei einem Blutfluß von 45 ml/min oder mehr wirkte sich der postoperative Verschuß der Koronarie nicht auf das Befinden aus.

Bei zwei Patienten waren zum Zeitpunkt der Nachangiographie sowohl der Bypass als auch die überbrückte Koronarie

thrombosiert. In dem einen Fall erfolgte eine deutliche klinische Verschlechterung und 3 1/2 Jahre nach der Operation ein Herzinfarkt und im anderen Fall trat unmittelbar nach der Operation ein Infarkt auf.

Diese Zusammenhänge zeigen, daß bei Progression der überbrückten Stenose der Blutfluß durch den Bypass einen "kritischen Wert" überschreiten muß, damit das Operationsergebnis als gut bezeichnet werden kann. Jedenfalls führt bei verschlossener Arterie nicht nur eine Bypasssthmbose, sondern auch ein geringer Fluß zu nicht befriedigenden Operationsergebnissen. Daß die jetzigen Beschwerden dieser Patienten in manchen Fällen auf einen Bypassverschluß seit der Nachangiographie zurückgeführt werden könnten, ist natürlich möglich.

V.4. Postoperative Infarkte

Insgesamt kam es während der postoperativen Beobachtungsdauer von durchschnittlich 25,1 Monaten zu vier Myokardinfarkten (6,8 % der Patienten) und einem nicht kardial bedingten Todesfall. Je zwei Infarkte ereigneten sich bei Patienten mit funktionsfähigem bzw. thrombosiertem Bypass, die Flußwerte schwanken zwischen 30 und 95 ml/min. Somit ist kein Zusammenhang zwischen einem postoperativen Infarkt und der Funktionsfähigkeit oder dem Blutfluß des Transplantats festzustellen.

V.5. Vergleich der prä- und postoperativen Beschwerden

Die telefonische Befragung der Patienten machte einen Vergleich des Gesundheitszustandes vor bzw. nach der Operation möglich. Das wichtigste diagnostische Kriterium für das Vorliegen einer Minderdurchblutung des

Herzens stellt die Angina pectoris dar. Dementsprechend hatten 50 Patienten (84,7 %) präoperativ unter Anginaanfällen zu leiden, während nur 9 Patienten (15,3 %) anfallsfrei waren. Bei 42 von den 50 Patienten traten die Schmerzen schon in Ruhe und bei leichter körperlicher Belastung auf und wurden überwiegend als schwer bezeichnet. Nach der Operation waren von den 50 Patienten 21 beschwerdefrei. Bei weiteren 25 war eine Besserung der Beschwerden hinsichtlich des Auftretens und/oder der Stärke der Anfälle zu verzeichnen und nur in vier Fällen war keine Besserung erzielt worden. Berücksichtigt man noch, ob der Bypass dieser 50 Patienten mit präoperativer Angina pectoris offenblieb oder thrombosierte, so ergibt sich die nachstehende Übersicht:

Frühangiographischer Befund			
	wenigstens ein offener Bypass	kein offener Bypass	
gebessert	43 (93,5 %)	3 (75 %)	46
Angina pectoris			
nicht gebessert	3 (6,5 %)	1 (25 %)	4
	46 (100 %)	4 (100 %)	50

Abbildung 6: Postoperative Entwicklung der präoperativ manifesten Angina pectoris in Abhängigkeit vom frühangiographischen Befund. In den 43 gebesserten Patienten mit wenigstens einem offenen Bypass sind die 21 anfallsfreien enthalten. Die unterschiedlichen Häufigkeiten der einzelnen Gruppen sind jedoch statistisch nicht signifikant.

Drei Patienten hatten trotz eines thrombosierten Transplantats weniger Angina-pectoris-Schmerzen, während umgekehrt drei mit einem funktionsfähigen Bypass nicht gebessert werden konnten. Diese drei zuletzt genannten Patienten weisen ausreichende Bypassflußmengen auf (120, 70 und 50 ml/min). Ihre anhaltenden postoperativen Beschwerden erklären sich dadurch, daß durch die Operation keine komplette Revaskularisation erzielt werden konnte. Beim ersten Patienten wurde die rechte Kranzarterie operiert. Die beiden Äste der linken Kranzarterie zeigten jedoch ebenfalls Stenosen und postoperativ war der Ramus circumflexus verschlossen. Auch der zweite Patient mit einem Bypass zum Ramus descendens wies weitere Stenosen in den beiden anderen Koronarien auf, die sich jedoch postoperativ nicht verändert haben. Beim dritten Patienten war im Kontrollangiogramm eine der beiden Transplantatvenen verschlossen und die dritte Koronarie war stenosiert.

Präoperative Dyspnoe in Ruhe und bei leichter körperlicher Belastung hatten bei der Befragung 33 Patienten angegeben, gegenüber 10 nach der Operation. Zwei weitere Patienten ohne präoperative Dyspnoe klagten zusätzlich nach der Operation über Atembeschwerden. Bei den 23 Patienten, deren Dyspnoe durch die Operation beseitigt werden konnte, zeigte sich folgende Veränderung des enddiastolischen Drucks im linken Ventrikel: Keine Änderung oder eine Senkung war bei 13 Patienten aufgetreten, eine Erhöhung bei 10 Patienten. Die Durchschnittswerte lagen vor der Operation bei 15,5 mm Hg ($s=7,5$) und danach bei 16,1 mm Hg ($s=6,6$). Ähnlich ist die Entwicklung bei den 10 Patienten, die auch nach der Operation noch unter Dyspnoe leiden: Ein unveränderter oder erniedrigter enddiastolischer Druck im linken Ventrikel wurde bei fünf Patienten festgestellt,

eine Erhöhung bei vier und bei einem wurde postoperativ keine Messung vorgenommen. Der präoperative Mittelwert betrug 16,9 mm Hg ($s=11,2$), der postoperative 18,2 mm Hg ($s=5,2$). Diese Ergebnisse lassen keinen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Dyspnoe und dem enddiastolischen Druck im linken Ventrikel vermuten. Eine Gegenüberstellung des LVEDP bei allen 59 Patienten zeigt die Abbildung 7.

Stenosen in den Herzkranzgefäßen führen nicht zwangsläufig zu pektanginösen Beschwerden. Das muß man aus der Tatsache schließen, daß die 9 Patienten ohne präoperative Angina pectoris gleichwohl eine zum Teil sogar erhebliche Stenosierung einer oder mehrerer Koronarien aufwiesen. In zwei Fällen war der Bypass frühzeitig verschlossen, die Patienten blieben trotzdem weiterhin ohne Beschwerden.

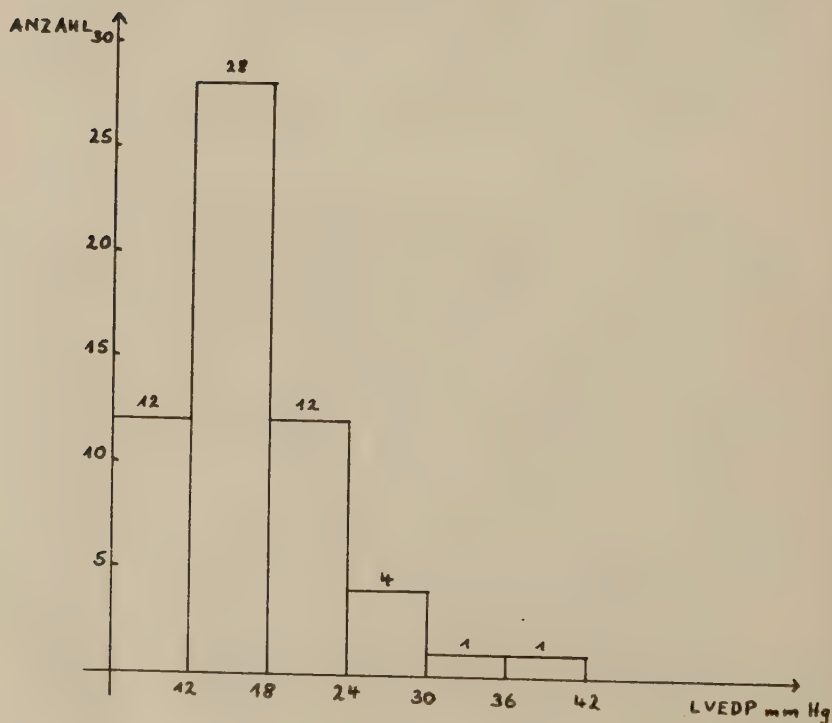
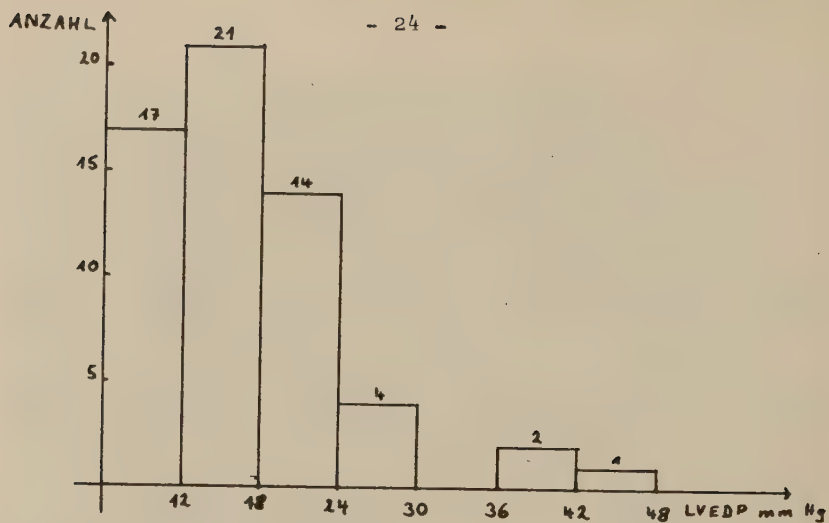


Abb. 7: Präoperative Werte des enddiastolischen Drucks im linken Ventrikel (oben) im Vergleich zu den postoperativen Messungen (unten).

V.6. Beurteilung des Operationserfolges nach
verschiedenen Maßstäben

Nimmt man die Zahlen der Abbildung 6 als Grundlage (die nur die Angina pectoris berücksichtigt), so wurden durch die Operation 92 % der Patienten gebessert (46 von 50). Dieser Wert stimmt gut überein mit den Angaben der Patienten bei der telefonischen Umfrage, derzufolge sich 88 % besser fühlen als vor der Operation.

Diese subjektiven Angaben decken sich jedoch nicht mit der Klassifikation der Patienten nach NYHA-Gruppen. Das Kriterium für diese Einteilung bilden die Auslöseschwellen für die Angina pectoris und die Dyspnoe, je nachdem, ob Schmerzen und Atemnot schon in Ruhe oder erst bei stärkerer körperlicher Belastung auftraten. Sowohl vor als auch nach der Operation wurde die Zugehörigkeit der Patienten zu einer dieser Gruppen bestimmt. Die Abbildung 8 zeigt, welche Veränderungen sich durch die Operation ergeben haben.

In der Diagonalen stehen die Patienten mit prä- und postoperativ gleicher Klassifikation, oberhalb davon die gebesserten, unterhalb die verschlechterten. Daraus ergibt sich, daß bei 33 Patienten (56 % im Gegensatz zu 92 % der Abbildung 6) eine Besserung eingetreten ist, bei 20 Patienten (34 %) keine Änderung zu verzeichnen ist und 5 Patienten (8 %) sich verschlechtert haben. In zwei Fällen liegt das wahrscheinlich an der Bypassstromeose, im dritten an einem Herzinfarkt kurz nach der Operation und gleichzeitigem Verschluss eines der beiden Transplantate. Die beiden anderen Patienten konnten durch die Operation nicht vollständig revaskularisiert werden.

Auffallend ist, daß 11 Patienten sowohl vor als auch nach der Operation der Gruppe IV zugeordnet werden mußten, weil sie immer noch an Angina pectoris schon in Ruhe bzw. an Ruhedyspnoe litten.

PRÄ- POST +	I	II	III	IV	UNGE- KANNT	
I	5	3	10	9		27
II	1	1	4	7		13
III	1	1	3	0		5
IV	0	2	0	11		13
+					1	1
	7	7	17	27	1	59

Abb.8. Prä- und postoperative Klassifikation der Patienten nach den Kriterien der New York Heart Association. Die Diagonale repräsentiert die Anzahl der Patienten mit jeweils gleicher Gruppe. Die gebesserten Patienten stehen überhalb davon, die verschlechterten unterhalb.

Immerhin hatte sich bei 9 von ihnen die Stärke der Anfälle vermindert, oder wenn das nicht der Fall war, sich die Dyspnoe gebessert, was in der subjektiven Beurteilung dieser 11 Patienten einen deutlichen Niederschlag findet: 9 von ihnen fühlen sich trotzdem etwas oder sogar wesentlich besser als vor der Operation, während nur zwei meinen, ihr Zustand habe sich nicht verändert.

Aus all dem läßt sich schließen, daß die Patienten bei der Beurteilung ihres Gesundheitszustandes vorwiegend davon ausgehen, ob durch die Operation die Häufigkeit und/oder die Schwere ihrer Stenokardien verringert werden konnte. Das ist ja auch der unmittelbarste Maßstab. Daß die Beurteilung nach dem klinischen Beschwerdebild von anderen Kriterien ausgeht (Auslöseschwellen für die Angina bzw. die Atemnot), äußert sich deutlich in der erwähnten geringeren Anzahl von gebesserten Patienten bei dieser Betrachtungsweise.

Eine völlige Übereinstimmung wäre zu erwarten, wenn man das Ergebnis der Nachangiographie mit dem klinischen Schweregrad vergleicht. Hat z. B. bei einem Patienten vor der Operation nur eine isolierte Stenose bestanden und konnte diese durch einen funktionsfähigen Bypass überbrückt werden, so müßte der Patient durch diese vollständige Revaskularisation beschwerdefrei geworden sein. Um das nachzuprüfen, wurden diejenigen 16 Patienten herausgesucht, die bei der Nachangiographie nur offene Transplantate und keine zusätzlichen Stenosen zeigten. Trotzdem enthielt diese Gruppe drei Patienten der NYHA-Klassifikation IV und einen mit Grad III. Die Transplantate des einen zeigten sehr geringen Fluß (15 und 30 ml/min). Ebenfalls auf den geringen Fluß (35 ml/min) dürften die Beschwerden eines weiteren Patienten zurückzuführen sein. Bei den beiden anderen, deren Transplantate Flußwerte von 90 und 120 ml/min aufwiesen, gibt weder der angiographische Befund, noch ein postoperatives Belastungs-EKG

einen Hinweis zur Erklärung der anhaltenden Beschwerden. Im postoperativen Belastungs-EKG konnten beide Patienten bis zu ihrer maximalen Frequenz belastet werden, ohne daß Angina pectoris oder Ischämiezeichen im EKG auftraten. Bei diesen beiden Patienten kann daher eine Aggravation ihrer Beschwerden vermutet werden.

V.7. Überlebenskurve der Patienten

Wie schon erwähnt, ereignete sich während der postoperativen Beobachtungsdauer nur ein Todesfall. Dieser war nicht kardial bedingt, sondern auf einen Unfall zurückzuführen und ereignete sich im ersten Jahr der Beobachtungszeit dieses Patienten. Aus diesen Angaben errechnet sich eine Überlebensquote von 98,9 % für den Zeitraum von vier Jahren.

V.8. Blutflußschwankungen und Bypassstrome

Bei den Patienten der Gruppe B wurde geprüft, ob die Kenntnis der Durchflußgrößen während Systole und Diastole eine Prognose für die Funktionsfähigkeit eines Transplantats sein kann. Die Quotienten aus diastolischem und systolischem Blutfluß zeigten keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen dem Kollektiv der offenen und der Gruppe der thrombosierten Transplantatvenen. Eine Prognose über den Bypassverschluß auf Grund des intraoperativen $\frac{D}{S}$ Verhältnisses, ist nach den vorliegenden Zahlen nicht möglich. Dasselbe gilt für den Fall, daß zur Systolendauer die Anspannungszeit dazugerechnet wird. Die Abbildung 9 stellt die errechneten Mittelwerte der Quotienten gegenüber.

Mittelwert des Verhältnisses

	$\frac{D}{S}$	$\frac{D}{S+A}$
offen	2,06 (s=2,36)	1,14 (s=0,75)
Bypass		
thrombosiert	2,11 (s=1,46)	0,97 (s=0,52)

Abbildung 9: Arithmetische Mittel der Quotienten aus diastolischem und systolischem Blutfluß bei Patienten mit offenem bzw. thrombosiertem Bypass

Auch wenn man die $\frac{D}{S}$ -Quotienten der thrombosierten Transplantate im einzelnen betrachtet (1,71; 0,11; 4,13; 2,62; 1,99), lassen sich mit Ausnahme eines Wertes (0,11) keine Zusammenhänge zur späteren Bypass-thrombose herstellen. Dasselbe gilt für das Verhältnis $\frac{D}{S+A}$ mit den Einzelwerten 1,11; 0,09; 1,23; 1,42.

VI. DISKUSSION

In den wenigen Jahren seiner Anwendung hat sich der aortokoronare Bypass einen festen Platz auf dem Operationsprogramm führender Herzzentren erobert, weil er den Patienten die maximale auf chirurgischem Weg erreichbare Besserung ihres Leidens bringt. Die Weiterentwicklung der Operationstechnik und das Absinken der Frühsterblichkeit auf Werte um 1 % haben die Bypassoperation bei entsprechender Indikation zu einer echten Alternative zur internistischen Behandlung der koronaren Herzkrankheit gemacht. Die erzielten Erfolge ermutigen zur Weiterentwicklung und zu häufigerem Einsatz dieser Methode, wenn auch die Frühverschlußquote der Transplantate noch bei ca. 10 bis 15 % liegt. Dazu die folgenden Literaturangaben:

LESPERANCE berichtet über zwei Patientengruppen mit Frühverschlußraten von 12 bzw. 14 % (11). BOURASSA fand in 13 % der Venentransplantate frühe Thrombosen (2). Beide Autoren nahmen die Kontrollangiographie zwei Wochen nach der Operation vor. Bei den hier untersuchten Transplantaten betrug die Frühverschlußrate 14,5 %. In einer anderen Arbeit gibt LESPERANCE für den Zeitraum von einem bis drei Jahre nach der Operation eine Verschlußquote von 5,4 % an (12). GRONDIN fand bei angiographischen Kontrollen, die zwei Wochen, ein Jahr und drei Jahre nach der Operation durchgeführt wurden, Venenthrombosen in 11,3 %, 20,1 % bzw. 5,1 % (7). Beide Arbeiten lassen einen deutlichen Abfall der Thrombosen nach dem ersten postoperativen Jahr erkennen.

Bei einer Patientengruppe von SHELDON waren innerhalb der ersten sechs Monate nach der Operation 17,5 % der Venen thrombosiert.

Eine Übersicht über die von verschiedenen Autoren berichteten Flußwerte ist in der Tabelle 3 zu sehen (10, 6, 8).

		n	rechte Koronarie	Ramus interventr. anterior	Ramus circum- flexus
JOHNSON	1970	225	61 ml/min s=40	63 ml/min s=34	64 ml/min s=40
GRONDIN	1971	103	62 ml/min	72 ml/min	75 ml/min
HAHNLOSER	1973	57	66 ml/min s=23	85 ml/min s=36	58 ml/min
eigene Ergeb.	1975	487	80 ml/min s=49	68 ml/min s=37	58 ml/min s=33

Tabelle 3: Durchschnittliche Blutflußwerte bei Venen-transplantate zu den drei Koronararterien

Bei geringem Bypassfluß (≤ 45 ml/min) beträgt die Thrombose-rate 42,6 %, bei hohem Fluß (> 45 ml/min) jedoch nur 3,6 %. Betrachtet man die Häufigkeit der postoperativen Thrombose der überbrückten Koronararterie bei offenen bzw. verschlos-senen Transplantaten, so ergaben sich bei den hier unter-suchten Patienten ähnliche Ergebnisse, wie sie MALINOW (13) berichtet hat. Bei seiner Patientengruppe hatte sich in 48 % der offenen Transplantatvenen die überbrückte Arterie verschlossen (eig. Ergebnis: 46 %), dagegen war dies bei nur 27 % (eig. Ergebnis: 18 %) der thrombosierten Venen der Fall. Zu anderen Ergebnissen kommt MAURER (15): Er be-richtet, daß seine Patienten mit offenem bzw. thrombosiertem Bypass keine Unterschiede in der Häufigkeit der postopera-tiven Arterienthrombose aufwiesen.

Die 4-Jahres-Überlebensquote beträgt bei Anderson (1) 89 %, bei den Patienten dieser Untersuchung 98,9 %, wobei die Frühsterblichkeit nicht berücksichtigt wurde.

Um herauszufinden warum sich ein Bypass kurz nach der Operation (innerhalb zwei bis vier Wochen) verschließt, kann man von verschiedenen Überlegungen ausgehen.

Am anschaulichsten ist die Erklärung, daß ein erhöhtes Thromboserisiko besteht, wenn der Durchmesser der distalen Koronararterie oder der von der Arterie versorgte Myokardbezirk klein ist, was einen geringen Fluß erwarten läßt. So berichtete LESPERANCE (11), daß sich 77 % der Transplantate innerhalb von zwei Wochen verschlossen hatten, wenn der Durchmesser der Koronarie distal der Anastomose weniger als 1,5 mm betragen hatte, während bei Arterien mit mehr als 1,5 mm Durchmesser die Thromboserate bei 17 % lag. Auch BOURASSA (2) fand ähnliche Zusammenhänge: Nur eine der thrombosierten Venen seiner untersuchten Gruppe war an eine Koronarie mit einem größeren Durchmesser als 1,5 mm anastomosiert.

Außer der Dicke der Koronarie können sich hämodynamische und operationstechnische Faktoren auf die Funktionsfähigkeit eines Transplantates auswirken (Wirbelbildung an den Anastomosen, Abknicken der Vene).

FOLTS vermutet einen Zusammenhang zwischen Bypassverschluß und dem Verhältnis des Blutflusses während Diastole und Systole (5).

Der $\frac{D}{S}$ -Quotient betrug bei Patienten, deren Bypass sich bei der Nachangiographie als funktionstüchtig erwiesen hatte, im Durchschnitt 2,2 und bei solchen mit thrombosiertem Bypass nur 1,1. Annähernd physiologische Blutflußschwankungen während Diastole und Systole wären demnach ein Anzeichen dafür, daß der Bypass später nicht thrombosiert. Bei den 32 Erlanger

Patienten, bei denen dieser Zusammenhang nachgeprüft wurde, konnte jedoch keine derartige Beobachtung gemacht werden. Es ist nicht ersichtlich, worauf diese unterschiedlichen Ergebnisse zurückzuführen sind. Leider ist nichts darüber bekannt, wie FOLTS seine $\frac{D}{S}$ -Verhältnisse gewonnen hat. Es wäre denkbar, daß die fünf thrombo-sierten Transplantate unserer Gruppe zu wenig sind, um zu gültigen Ergebnissen zu gelangen. Jedenfalls kann von den hier untersuchten Patienten nicht behauptet werden, daß bei fast $\frac{3}{4}$ derer mit später verschlossenem Bypass schon die intraoperative Flußkurve auf diesen Verschluß hinwies, wie das bei der Patientengruppe von FOLTS der Fall ist.

Die Literaturangaben über postoperativ aufgetretene Infarkte lassen sich schlecht vergleichen, da jeder Autor einen anderen Beobachtungszeitraum angibt. Bei der Patientengruppe von BOURASSA (2) erlitten 11 % der Patienten innerhalb des ersten Monats nach der Operation einen Myokardinfarkt, bei SHELDON (16) 7,2 % der Patienten während ihres Aufenthaltes im Krankenhaus. Bezogen auf die gesamte postoperative Beobachtungsdauer traten bei 15 % der Patienten Infarkte auf, berichtet BREWER (3). Nach seinen Beobachtungen korreliert die Anzahl der Infarkte mit der Klassifikation nach NYHA und der Anzahl der transplantierten Venen.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Bei 59 Patienten wurden 76 Bypassvenen transplantiert. 65 dieser Transplantate (85,5 %) waren zum Zeitpunkt einer Kontrolle mittels selektiver Koronarangiographie, die bei allen Patienten innerhalb eines Jahres nach der Operation durchgeführt wurde, noch funktionsfähig. Der durchschnittliche intraoperativ gemessene Blutfluß betrug 77 ml/min ($s=50$). Signifikante Unterschiede zeigten sich, wenn man den mittleren Fluß der offengebliebenen Transplantate (83 ml/min, $s=49$) dem der thrombosierte Venen (42 ml/min, $s=41$) gegenüberstellt.

Bei 46 % der Patienten mit einem offenen Bypass und in 18 % derer mit einem thrombosierte Bypass war bei der Nachangiographie das überbrückte Arteriensegment verschlossen. Liegt der Blutfluß über ca. 45 ml/min, so bleibt diese Arterienthrombose ohne negative Auswirkungen auf das Befinden der Patienten, bei Flußraten unterhalb dieser Grenze muß mit einem Fortbestehen oder sogar mit einer Verschlimmerung der Beschwerden gerechnet werden. Auch für die Ausbildung einer Bypassstrombose scheint der Wert von 45 ml/min von Bedeutung zu sein: Nur 2 der 11 verschlossenen Transplantate hatten einen höheren Fluß aufzuweisen.

Von 50 Patienten mit präoperativer Angina pectoris konnten 21 (42 %) durch die Operation von ihren Beschwerden befreit werden und bei weiteren 25 Patienten (50 %) die Symptome gebessert werden. 88 % der Patienten fühlen sich subjektiv besser als vor der Operation. Die Überlebensquote nach vier Jahren beträgt 98,9 %. Aussagen über einen späteren Bypassverschluß können aus den verschiedenen Blutmengen, die während Diastole und Systole durch den Bypass fließen, nicht gemacht werden.

VIII. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- (1) ANDERSON, Richard P., S.H. RAHIMTOOLA,
L.I. BONCHEK, A. STARR:
The Prognosis of Patients with Coronary Artery
Disease After Coronary Bypass Operation;
Circulation 50 (1974), Seite 274
- (2) BOURASSA, Martial G., J. LESPERANCE,
L. CAMPEAU, P. SIMARD:
Factors Influencing Patency of Aorto-Coronary
Vein Grafts; Supplement I to Circulation 45 + 46
(1972), Seite 79
- (3) BREWER, David L., R.H. BILBRO, A.G. BARTEL:
Myocardial Infarction as a Complication of
Coronary Bypass Surgery; Circulation 47 (1973),
Seite 58
- (4) FAVALORO, Rene G.:
Surgical Treatment of Coronary Arteriosclerosis;
The Williams + Wilkins Company, Baltimore 1970
- (5) FOLTS, John D., D.R. KAHN, N. BITTAR, G.G. ROWE:
Partial Obstruction Effects on Phasic Flow in
Aorto-Coronary Grafts; Supplement III to Circulation
49 + 50 (1974), Seite 132
- (6) GRONDIN, Claude M., G. LEPAGE, Y.R. CASTONGUAY,
C. MEERE, P. GRONDIN:
Aortocoronary Bypass Graft, Initial Blood Flow
through the Graft and Early Postoperative Patency;
Circulation 44 (1971), Seite 815

- (7) GRONDIN, Claude M.:
Serial Angiographic Evaluation in 60 Consecutive
Patients with Aorto-Coronary Artery Vein Graft
2 Weeks, 1 Year And Three Years After Operation;
The Journal of Thoracic And Cardiovascular Surgery
67, Nr.1 (1974), Seite 1

- (8) HAHNLOSER, P., B.J. MESSMER, P. LICHTLEN, W. MEIER,
A. SEMMING:
Zur Problematik intraoperativer Blutstrommessungen
bei aorto-koronarem Bypass

- (9) HELLNER, Hans, R. NISSEN, K. VOSSSCHULTE:
Lehrbuch der Chirurgie; Thieme, Stuttgart 1970

- (10) JOHNSON, Dudley, R.J. FLEMMING, R. LEPLEY Jr.:
Determinants of Blood Flow in Aortic-Coronary
Saphenous Vein Bypass Grafts; Archives of Surgery
101 (1970), Seite 806

- (11) LESPERANCE, Jacques, M. BOURASSA, P. BIRON,
L. CAMPEAU, J. SALTIEL:
Aorta to Coronary Artery Saphenous Vein Grafts;
The American Journal of Cardiology 30 Nr. 5 (1972),
Seite 459

- (12) LESPERANCE, Jacques, M. BOURASSA, J. SALTIEL,
L. CAMPEAU, C. GRONDIN:
Angiographic Changes in Aortocoronary Vein Grafts:
Lack of Progression Beyond The First Year;
Circulation 48 (1973), Seite 633

- (13) MALINOW, M.R., E.L. KREMKAU, F.E. KLOSTER,
L.I. BONCHEK, J. RÖSCH:
Occlusion of Coronary Arteries After Vein Bypass;
Circulation 47 (1973), Seite 1211

- (14) MATLOFF, Jack M., H. SUSTAITA, K. CHATTERJEE,
A. CHAUX, H.S. MARCUS, H.J.C. SWAN:
The Rationale for Surgery in Preinfarction
Angina; The Journal of Thoracic And Cardio-
vascular Surgery 69 Nr. 1 (1975), Seite 73
- (15) MAURER, B.J., A. OBERMAN, J.H. HOLT Jr.,
N.T. KOUCHOUKOS, W.B. JONES, R.O. RUSSELL,
T.J. REEVES:
Changes in Grafted and Nongrafted Coronary
Arteries Following Saphenous Vein Bypass
Grafting; Circulation 50 (1974), Seite 283
- (16) SHELDON, William C., G. RINCON, D.B. EFFLER,
W.L. PROUDFIT, F.M. SONES jr.:
Vein Graft Surgery for Coronary Artery Disease:
Survival and Angiographic Results in 1000 Patients;
Supplement III of Circulation 47 + 48 (1973),
Seite 184

Lebenslauf

Am 25. Februar 1952 wurde ich in Staffelstein geboren. Meine Eltern sind der Fleischermeister Ludwig Küffner und seine Ehefrau Kunigunda. Mit dem Schuljahr 1958/59 besuchte ich die damalige Volksschule in Staffelstein, von der ich 1963 an das Meranier-Gymnasium in Lichtenfels wechselte. Hier legte ich nach neunjähriger Gymnasialzeit 1972 das Abitur ab. Das erste medizinische Fachsemester absolvierte ich 1972/73 an der Universität Frankfurt/Main. Mit dem Sommersemester 1973 setzte ich in Erlangen das Studium fort und habe hier am 29. Mai 1979 die Ärztliche Prüfung bestanden. Mein Studium möchte ich abschließen mit der Promotionsprüfung, zu der ich mich beim Fachbereich Medizin der Universität Erlangen angemeldet habe. Ab August 1979 werde ich den ärztlichen Beruf, zunächst als Wehrpflichtiger bei der Bundeswehr, ausüben.

Erlangen, den 6. Juni 1979

Heinrich Küffner

Copy - Center 2000

852 ERLANGEN · Obere Karlstr. 30
Tel. 09131-26197